IV. Abschnitt.

Folgerungen.

Physikalischer Charakter der Erschütterung vom 9. November.

Wenn wir ohne Kenntniss der Erzählungen jener Personen, welche das grosse seismische Phänomen direct zu beobachten in der Lage waren, lediglich aus den noch später sichtbaren Wirkungen der Erschütterung, d. i. vornehmlich aus den Beschädigungen der gemauerten Gebäude, die Natur der Erschütterung selbst kennen zu lernen suchen und dabei den bisher giltigen Anschauungen über die unmittelbare Ursache dieser Beschädigungen, namentlich den eingehenden Darlegungen Mallet's folgen wollten, so würden wir zu einem ganz unerwarteten Resultate gelangen, welches gerade zu dem Ausgangspunkte dieser Anschauungen in einem entschiedenen Widerspruche stehen würde.

Ganz allgemein sehen wir verticale Sprünge die Mauern durchziehen, welche gewöhnlich an die Fensteröffnungen des Gebäudes gebunden sind oder in der Nähe der Kanten verlaufen, an welchen Mauern verschiedener Richtung zusammenstossen.

An den wenigen Punkten, an denen wir Abweichungen von dieser Regel treffen, sind diese ganz untergeordneter Natur; dieselben können den allgemeinen Charakter der Beschädigungen des betreffenden Ortes nicht wesentlich verändern. Ein einziger Ort — Kraljev Vrh an der N-Seite des Agramer Gebirges — macht hierin eine Ausnahme, wo gegen den Horizont geneigte Sprünge die Regel, verticale Sprünge die Ausnahme bilden.

Wir finden also nicht bloss ausserhalb des Gebietes der grössten Zerstörungen, sondern fast an sämmtlichen Punkten innerhalb desselben verticale Sprünge in den Mauern, und wir müssen, wenn wir uns an die bisherigen Anschauungen halten,

daraus schliessen, dass an allen diesen Punkten der „Erdstoss“ in horizontaler oder nahezu horizontaler Richtung angelangt ist, wobei wir den Azimuth der Bewegung vorläufig ausser Acht lassen können. Dieses Ergebniss entspricht nicht dem Grundsatze, auf welchen sich die Deductionen Mallet's stützen. Wir suchen vergebens nach einem Epicentrum, an welchem der „Stoss“ in verticaler Richtung aus der Tiefe angelangt wäre, nach einem Gebiete, in welchem die Zerstörungen durch schiefe Stösse von steiler Emergenz hervorgebracht worden wären, und nach Orten, welche den Übergang zu dem grossen äusseren Gebiete vermitteln würden, in welchen der Stoss in horizontaler Richtung eintrifft.

Es bliebe zur Erklärung nur die Annahme übrig, dass die Bewegung sehr nahe der Oberfläche, etwa an irgend einem Punkte im Agramer Gebirge ihren Ursprung gehabt hätte, eine Annahme, zu deren Gunsten sich einige Umstände anführen liessen, die aber mit Rücksicht auf die weite Verbreitung der Erschütterung als unzulässig erscheint, wenigstens in der bisher üblichen Form, welche auch den über grosse Gebiete ausgedehnten seismischen Erscheinungen eine local beschränkte, explosionsartige Bewegung zu Grunde legt, sei es nun vom tektonischen oder irgend einem anderen Standpunkte.

Wir können wohl diese Betrachtung, welche die vorgefundenen Thatsachen mit theoretischen Voraussetzungen in Einklang zu bringen sucht, sogleich wieder verlassen und den vom Anfang an eingeschlagenen Weg weiter verfolgen, indem wir die mit möglichster Objectivität angestellten und gesammelten Einzelbeobachtungen zu einem Gesammtbild zu vereinigen und das darin liegende Gesetz zu erkennen suchen.

Es kann nach meiner Ansicht beim heutigen Stande der Wissenschaft nicht die Aufgabe einer Monographie einer grossen Erderschütterung sein, die letzten tellurischen oder gar kosmischen Ursachen derselben zu erforschen. Es wird vor Allem erforderlich sein, die Erscheinung selbst in ihren physikalischen Elementen zu erkennen, bevor es gestattet sein kann, die der Beobachtung unzugänglichen Ursachen zu discutiren, und ich habe mich überzeugt, dass wir auf dem ersten Gebiete noch sehr viel zu lernen haben.

Es wäre aber ein ganz verkehrter Weg, wenn wir zunächst an den an gemauerten Gebäuden sichtbaren Wirkungen die seismische Ursache studiren wollten, da doch diese selbst der Beobachtung offen lag, und da auch thatsächlich eine sehr grosse Zahl von mündlichen und schriftlichen Mittheilungen über derartige Beobachtungen aus verschieden gelegenen Ortschaften vorliegen, darunter eine genügende Zahl sehr genauer und verlässlicher Berichte.

Wenn wir diese Mittheilungen ins Auge fassen, so suchen wir gerade in dem Gebiete der grössten Zerstörungen ganz vergeblich nach der Erwähnung einer momentanen heftigen Bewegung, welcher man die Zerstörungen zuschreiben könnte, nach einer Bewegung, welche sowohl im gewöhnlichen Leben, als auch von dem Physiker als „Stoss" bezeichnet würde.

Die Erschütterung wurde vielmehr allgemein als eine länger dauernde, continuirliche Bewegung empfunden, d. h. als eine Bewegung, welche zwar periodische Änderungen erkennen liess, aber nicht etwa mehrmals plötzlich abbrach, um wieder von Neuem zu beginnen, in welchem Falle dieselbe als eine Folge von wiederholten Stössen aufgefasst werden könnte. Allgemein wurde im Freien ein Hin- und Herschwanken der Häuser und Thürme, der Bäume, sowie der eigenen Person beobachtet. Auch horizontale und schiefe Stösse können ähnliche Bewegungen erzeugen. Aber während ein einzelner Stoss ein plötzliches heftiges Hin- und Herschwanken, mehrere Stösse eine Aufeinanderfolge von solchen heftigen Schwankungen erzeugen müssten, scheinen es hier langsamere, sanftere Bewegungen, aber Bewegungen von grösserem Betrage gewesen zu sein, als dass dieselben von einer kurzen hin- und hergehenden Bewegung der einzelnen Bodentheilchen in horizontaler oder schiefer Richtung herrühren könnten.

Den physikalischen Charakter jener wellenförmigen Bewegung des Erdbodens genauer zu erkennen, dazu bedarf es einer eingehenderen Untersuchung. Wir werden daher die bereits besprochenen ausführlicheren Mittheilungen vergleichend betrachten müssen.

In Agram empfand Prof. Stožir die Bewegung im zweiten Stockwerke eines Gebäudes zuerst als eine drehende und hebende

Bewegung seiner Person, hierauf fühlte er einen Stoss nach aufwärts, welchem länger dauernde seitliche Schwingungen folgten. Gelegentlich der Besprechung einer nach vier Minuten eingetretenen zweiten Erschütterung, welche er als ein leises Schaukeln empfand, bezeichnet derselbe Beobachter die erste Bewegung mit Rücksicht auf seine Person als ein starkes „Rütteln". General v. Waldstätten, welcher das Erdbeben ebenfalls in einem Gebäude beobachtete, hat keinen Stoss bemerkt; er fühlte die Bewegung als ein heftiges „Schütteln" in horizontalem Sinne, „es begann zitternd, wurde vehementer und hörte auf". [1]

Der Inspector des Centralfriedhofes, welcher in dessen Nähe das Erdbeben im Freien beobachtete, bezeichnet dasselbe als eine auf- und niedergehende Bewegung des Bodens, als wellenförmiges Schaukeln, als ein Schütteln auf und nieder. Das Wogen des Bodens war dem Auge erkennbar, und die Bewegung der einzelnen Theilchen des Bodens muss der Höhe nach eine sehr bedeutende gewesen sein.

Von den Bemerkungen der in Agram erscheinenden Tagesblätter scheinen mir zwei auch hier bemerkenswerth, die eine, welche die Bewegung als eine „senkrecht wellenförmige" bezeichnet, die andere, welche sagt: „mit jeder Schwankung des Bodens nahm die Verwüstung zu."

Mit Rücksicht auf die Wirkungen des Erdbebens auf Gebäude haben wir bereits aus der Bewegung der Dachziegel geschlossen (S. 39), dass in der schwingenden Bewegung der Gebäude, welche wenigstens in den höheren Theilen derselben hauptsächlich in horizontalem Sinne wirksam war, auch eine Bewegung im verticalen Sinne enthalten gewesen sein muss.

Die auf S. 40 mitgetheilte Beobachtung beweist, dass die Häuser sich gegen einander neigten, wodurch die durch die Strassen hervorgebrachten Zwischenräume zu verschwinden schienen, dass aber auch sämmtliche Dächer ausserdem in einer eigenthümlichen

---

[1] In einem späteren Briefe vom 20. December an Hofrath von Hochstetter berichtet der Beobachter über die schwächeren, dem grossen Erdbeben folgenden Erschütterungen. Er erwähnt zweier verticaler Stösse, der einzigen, die er während der ganzen Zeit beobachtete; „sonst früher und später immer nur horizontale Bewegung".

wellenförmigen Bewegung waren, welche mit der ebenfalls beobachteten wellenförmigen Bewegung des Bodens selbst verglichen werden kann.

In der Strafanstalt an der Savestrasse bei Agram (S. 41) erfahren wir endlich, dass auch an Mauern Wirkungen eintraten, welche eine Bewegung im verticalen Sinne erweisen. Es lässt sich zwar denken, dass eine Mauer durch einen horizontalen Stoss (senkrecht auf die Richtung der Mauer) längs einer horizontalen Fläche abbrechen kann; es wäre aber auf Grund dieser einzigen Annahme die Thatsache nicht erklärbar, dass man durch den Sprung das Kleefeld ausserhalb der Mauer erblickte, worauf die Mauer sich wieder niedersenkte und fast genau den alten Platz einnahm. Auch die ganz analoge Beobachtung an demselben Orte, dass man während des Erdbebens von einem Zimmer aus durch den oben in der Aussenmauer soeben entstandenen Sprung das vorspringende Dach erblickte, ist hier zu erwähnen.

Von den an anderen Orten gemachten Beobachtungen will ich nur zwei, die sich durch besondere Genauigkeit auszeichnen, hier erwähnen. Der Pfarrer von Vrabče befand sich im Freien und sah, wie die Kirche sich hinabsenkte und dann wieder hob, worauf sie gegen Süden und gegen Norden schwankte und „sich hin und her drehte“. Auch das Schulgebäude „schaukelte“ in derselben Richtung wie die Kirche (das Gebäude bewegte sich hin und her und zugleich auf und nieder). Nach einer kurzen Pause sah er das „Vibriren“ der Dächer, wobei die Dachziegel in die Höhe sprangen. Die Bewegung wird ausdrücklich als eine dreifache bezeichnet: 1. der „Stoss“ (=Bewegung) von unten, 2. die „wellenförmige“ Bewegung, 3. das „Vibriren“ (vgl. S. 81).

Von Stenjevec liegt ein sehr ausführlicher schriftlicher Bericht vor. Der Beobachter, welcher sich ebenfalls im Freien befand, bemerkte, wie sich die Erde unter seinen Füssen sammt ihm in die Höhe hob und im nächsten Augenblicke wieder senkte, worauf sie sich einen Augenblick nach Süden und einen Augenblick nach Norden bewegte. Es kam ihm vor, „als wenn etwas unter der Erde wühlen und sie sichtlich dadurch heben würde, so heftig, als wenn sie springen oder auseinanderfallen und in die Tiefe versinken müsste“. Zugleich mit dieser Erschütterung

begann das Schulgebäude so stark zu zittern und zu wackeln, dass die Dachziegel nach allen Seiten herabflogen, der Rauchfang herabstürzte etc., und aus dem Schulzimmer und anderen Räumen hörte er ein so starkes Krachen der Wände, dass er glaubte, Alles werde zusammenstürzen. Die während dieser Zeit im Schulgebäude anderweitig beobachteten Erscheinungen werden wesentlich als ein „Erzittern" und „Tanzen" aller Gegenstände bezeichnet. (Vgl. S. 132.)

Mit den hier angeführten Beobachtungen stimmen auch die Mittheilungen, welche mir an allen anderen von mir besuchten Orten gemacht wurden, der Hauptsache nach überein. Allgemein wird das Schwanken aller Gegenstände, der Kirchthürme, der Häuser, der Bäume und der Menschen gesehen, welche Bewegung mit Rücksicht auf die im Freien gemachten Beobachtungen am Besten als eine schaukelförmige zu bezeichnen ist. In den Häusern selbst wird hauptsächlich ein horizontales Schütteln und Rütteln und ein Erzittern aller Gegenstände bemerkt. Im Freien hingegen treten verticale Bewegungen hervor, auf welche auch das Emporschleudern der Ziegel und eine grosse Anzahl von anderen mechanischen Wirkungen hindeuten.

Ich muss im Übrigen auf die Einzelberichte über die verschiedenen Örtlichkeiten verweisen und kann hier nur noch besonders aufmerksam machen auf jene über St. Simon (wo auch im ersten Stockwerke ein „Rütteln auf und nieder" gefühlt wird), St. Helena (die merkwürdige schwankende Bewegung der Mauern in dem nachher vollständig zerrütteten Schlosse) und Bisag (auf einander folgende Schwankungen von dreifach verschiedener Richtung, im Freien an einer Mühle beobachtet, Bersten der Mauer, welche sich weit öffnet, um wieder zusammenzuklappen).

Auch die aus dem weiteren Verbreitungsgebiete eingelangten Nachrichten bekunden, sobald sie sich näher mit dem Gegenstande befassen, den gleichen Charakter der Erschütterung, welche nur der Intensität und Dauer nach Verschiedenheiten erkennen lässt.

Ich habe bei diesem Versuche eines Überblickes nur die durch das Auge und den Tastsinn erfolgten Wahrnehmungen berücksichtigt und die gleichzeitig beobachteten Schallerschei-

nungen ganz unerwähnt gelassen. Mit Rücksicht auf die Anschauungen Anderer bemerke ich, dass das Schallphänomen meiner Ansicht nach keineswegs einem getrennten seismischen Vorgange entspricht, welcher mit den durch andere Sinne wahrgenommenen Vorgängen nur in einer genetischen Beziehung stünde, sondern dass die den verschiedenen Sinneseindrücken entsprechenden Vorgänge thatsächlich identisch sind.

Aus den im Freien gemachten Beobachtungen ergibt sich wohl für jeden, der nicht durch theoretische Vorurtheile befangen ist, sogleich, dass wir es mit einer Bewegung zu thun haben, bei welcher der Erdboden eine wellenförmige Gestalt annahm, wodurch die über den Boden emporragenden Gegenstände sich schaukelförmig hin und her bewegten, während die einzelnen Theile der Oberfläche eine auf- und niedergehende Bewegung vollführten. Diese Beobachtungen weisen also mit aller Entschiedenheit darauf hin, dass wir es mit transversalen Wellenbewegungen zu thun haben, bei welchen der Boden seine Gestalt veränderte und sich wellenförmig krümmte.

Wir wollen nun untersuchen, ob die Annahme einer fortschreitenden transversalen Wellenbewegung des Bodens den gemachten Beobachtungen entspricht, ob in dieser Voraussetzung die beobachteten Thatsachen eine befriedigende Erklärung finden.

Wir nehmen den einfachsten Fall an, dass jedes Bodentheilchen in einer schwingenden Bewegung von verticaler Richtung begriffen sei. Vor Allem ist klar, dass der Betrag der Bewegung (die Höhe der Welle) ein ziemlich bedeutender gewesen sein muss, da für die im Freien befindlichen Beobachter nicht nur die dadurch hervorgebrachten Schwankungen aufrecht stehender Gegenstände, sondern auch die dieselben veranlassende Gestaltveränderung des Bodens selbst sichtbar war.

Taf. IV., Fig. 1 stelle einen verticalen Schnitt eines Theiles der erschütterten Erdoberfläche dar, d. i. eine Gerade, deren einzelne Punkte in einer senkrecht auf- und abwärts schwingenden Bewegung begriffen sind.

Wir nehmen an, dass diese Bewegung gleichmässig von links nach rechts fortschreite, so zwar, dass in dem Momente, da der Punkt x eine volle Schwingung (nach abwärts und aufwärts)

vollendet hat, eben der Punkt y von der Bewegung ergriffen wird. Die Gerade xx_6 stellt uns dann die Amplitude (Höhe), die Gerade $x_3 y_3$ die Länge der Welle dar. In diesem Augenblicke hat der Boden die Gestalt der Curve xpa_6qy. Die Gerade $x_3 y_3$ stellt zugleich die Ruhelage dar, welche die Oberfläche des Bodens nach der Bewegung annehmen wird.

Jeder einzelne Punkt bewegt sich mit beschleunigter Geschwindigkeit gegen diese Ruhelage und entfernt sich von derselben mit verzögerter Geschwindigkeit. Nachdem die Welle um das erste, zweite, dritte, ...zwölfte Zwölftel ihrer Länge vorgeschritten ist, wird der Punkt x nach einander die Stellungen x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_5, x_4, x_3, x_2, x_1, x inne haben.

Stellen wir uns eine schwerlose, starre Gerade vor, welche auf dem als horizontale Ebene gedachten Erdboden senkrecht steht und mit demselben fest verbunden ist, so dass sie ihre Stellung mit Bezug auf den Boden nicht verändern kann. Die Achse eines senkrecht gewachsenen Baumes, einer gut fundirten Telegraphenstange, Steinsäule etc. stellt eine solche Gerade dar, wenn wir uns für die erste theoretische Untersuchung die Eigenschaften der Trägheit, Schwere etc. ausser Wirksamkeit denken. Eine solche Gerade wird auch während der Bewegung des Bodens auf demselben senkrecht stehen, beziehungsweise auf der Tangente, die man sich in dem Fusspunkte der Geraden zu jener Curve gezogen denkt, in welcher die in der Richtung des Fortschreitens der Bewegung gelegene Verticalebene die jeweilige Gestalt der Oberfläche schneidet. Sind diese Wellencurven Kreisbögen, so haben die Geraden die Richtung des durch den betreffenden Punkt gehenden Radius des entsprechenden Kreisbogens.

In Taf. IV sei ab eine Gerade, welche den angegebenen Bedingungen entspricht. Dieselbe wird, wenn die schwingende Bewegung der einzelnen Bodentheilchen mit einer Bewegung nach abwärts beginnt, und die Welle von links nach rechts fortschreitet, nach und nach die Stellungen $a_1 b_1$, $a_2 b_2$, $a_3 b_3$, $a_4 b_4$, $a_5 b_5$, $a_6 b_6$, $a_5 b_7$, $a_4 b_8$, $a_3 b_9$, $a_2 b_{10}$, $a_1 b_{11}$, ab einnehmen, nachdem die Welle ein, zwei, drei,. . . .zwölf Zwölftel ihrer Länge zurückgelegt hat. Während also der Fusspunkt a der Geraden ab sich in der Verticalen aa_6 auf und ab bewegt,

bewegt sich der obere Endpunkt b in der Bahn $b b_3 b_6 b_9 b$ hin und her.[1]

Der Punkt b vollführt während des ersten Viertels der Wellendauer eine beschleunigte Bewegung nach links und abwärts und erlangt am Ende desselben in b_3 seine grösste Geschwindigkeit. In diesem Momente wird die seitliche Bewegung plötzlich abgebrochen, um zu Beginn des nächsten Viertels mit geringerer Geschwindigkeit in die entgegengesetzte Bewegung nach rechts überzugehen, während die Bewegung nach abwärts fortgesetzt wird. Während des zweiten Viertels verzögert sich die Bewegung bis zum Ende desselben, wobei sie allmälig in eine nahezu horizontal gerichtete und zu Beginn des dritten Viertels ebenso allmälig in eine Bewegung nach aufwärts übergeht, während die seitliche Bewegung nach rechts fortgesetzt wird. Im dritten Viertel wird die Bewegung wieder beschleunigt und erreicht nach dem Ende desselben in b_9 dieselbe Geschwindigkeit, mit welcher die Bewegung des zweiten Viertels begonnen hat. In diesem Momente wird die seitliche Bewegung abgebrochen, um zu Beginn des nächsten Viertels mit der Maximalgeschwindigkeit, welche die Bewegung zu Ende des ersten Viertels erlangt hatte, in die entgegengesetzte Bewegung nach links überzugehen, während die Bewegung nach aufwärts fortgesetzt wird. Während des vierten Viertels verzögert sich die Bewegung bis zum Ende desselben, wobei die Richtung derselben zugleich allmälig einer Horizontalen sich nähert.

Die Beschleunigung, beziehungsweise Verzögerung in der Bewegung des Punktes b bezieht sich wesentlich auf die verticale Componente der Bewegung, während die Bewegung im horizontalen Sinne, abgesehen von den beiden Unterbrechungen gleichförmig ist. Das verticale Moment ist nur im ersten und vierten Viertel der Schwingungsdauer von Bedeutung, in welchen die Geschwindigkeiten (am Ende des ersten und zu Beginn des vierten Viertels) ihre beiden Maxima erreichen und überhaupt grösser sind, als in den beiden anderen Vierteln.

---

[1] Es lässt sich nachweisen, dass $b_3 b b_9$ und $b_3 b_6 b_9$ Ellipsen sind, wenn die Wellencurven Kreisbögen sind.

Wir haben bisher angenommen, dass die Schwingung jedes Bodentheilchens zuerst nach abwärts erfolgt; es wird keine wesentlichen Unterschiede hervorbringen, wenn dieselbe mit einer Bewegung nach aufwärts beginnt. Die einzelnen Stellungen der Geraden ab folgen dann in derselben Reihenfolge aufeinander, nur dass diejenigen, welche früher im dritten und vierten Viertel der Schwingungsdauer auftraten, nun im ersten und zweiten Viertel erscheinen und umgekehrt. Der obere Endpunkt der Senkrechten beschreibt nämlich jetzt die Bahn: $b_6 b_9 b b_3 b_6$. Wir werden aber der Einfachheit halber immer die Bahn bb_3 als erstes Viertel (I), $b_3 b_6$ als zweites (II), $b_6 b_9$ als drittes (III) und $b_9 b$ als viertes Viertel (IV) bezeichnen. Jede von diesen Bewegungen lässt sich besonders charakterisiren; die Reihenfolge aber bleibt dieselbe, ob nun I oder III den Anfang machen.

Ein Unterschied scheint sich zu ergeben, wenn die Welle nicht wie bisher von links nach rechts, sondern von rechts nach links fortschreitet. Der obere Endpunkt unserer Senkrechten beschreibt dann die Bahn $b b_9 b_6 b_3 b$ (beziehungsweise $b_6 b_3 b b_9 b_6$). Mit anderen Worten: Wenn die Welle von links nach rechts fortschreitet, so bewegt sich der Punkt b in der oberen Curve von rechts nach links, unten von links nach rechts; wenn die Welle von rechts nach links fortschreitet, so bewegt sich der Punkt b in der oberen Curve von links nach rechts, in der unteren von rechts nach links. Betrachten wir jedoch den zweiten Fall von der entgegengesetzten Seite, so dass die Welle nun ebenfalls von links nach rechts fortschreitend erscheint, so ergibt sich uns ebenfalls die Reihenfolge I, II, III, IV (beziehungsweise III, IV, I, II) und wir können daher mit jedem der Zeichen I, II, III, IV für alle Fälle einen ganz bestimmten Begriff verbinden.

Diese vier verschiedenen Bewegungsformen des Punktes b zu charakterisiren, wollen wir der Kürze halber einige Ausdrücke einführen.

1. Die Bewegung ist entweder **abwärts** oder **aufwärts** gerichtet.

2. Die Bewegung ist zugleich seitlich, indem sich der Punkt b von seiner, der verticalen Stellung der Geraden entsprechenden Ruhelage entweder entfernt oder dahin zurückkehrt; wir sagen, die Bewegung ist entweder **mediofugal** oder **mediopetal**.

3. Die seitliche Bewegung findet entweder im Sinne des Fortschreitens der Welle oder im entgegengesetzten Sinne statt, wofür wir die den Begriff nicht vollkommen bezeichnenden Ausdrücke progressiv und regressiv verwenden wollen.

Die Bewegung des Punktes *b* lässt sich daher der Richtung nach in den vier Vierteln einer Schwingungsdauer folgendermassen charakterisiren:

I, abwärts, mediofugal, regressiv;

II, abwärts, mediopetal, progressiv;

III, aufwärts, mediofugal, progressiv;

IV, aufwärts, mediopetal, regressiv.

Was die Geschwindigkeit der Bewegung betrifft, so wurde bereits erwähnt, dass dieselbe in I und IV grösser ist als in II und III; ferner, dass die Bewegung in I und III beschleunigt, in II und IV verzögert ist.

Da die Bewegung nach abwärts sehr allmälig in die Bewegung nach aufwärts, und die letztere ebenfalls sehr allmälig in die erstere übergeht, so werden die Momente, in denen dies geschieht (Übergang von II nach III und von IV nach I), keine besondere Bedeutung bezüglich ihrer Wirkung auf aufrecht stehenden Gegenstände haben. Von sehr grosser Bedeutung hingegen sind jene beiden Momente, in denen die seitliche Bewegung der einen Richtung plötzlich in die der anderen übergeht; das sind die Momente zwischen I und II und zwischen III und IV. So vereinigen sich IV und I einerseits, II und III anderseits zu zwei scharf von einander abgegrenzten Hälften der ganzen Schwingungsphase, in deren jeder die Bewegung einen ziemlich einheitlichen Charakter besitzt. In der Hälfte IV — I, welche dem Wellenberge entspricht, ist die Bewegung regressiv, in der anderen Hälfte II — III, welche dem Wellenthale entspricht, progressiv.

Wenn die Länge von *ab* gegenüber der Höhe der Welle eine sehr bedeutende ist, so wird die seitliche Bewegung des Punktes *b* gegenüber seiner Bewegung im verticalen Sinne ungleich bedeutender sein, und wir werden es der Hauptsache nach mit einer hin- und herschwingenden Bewegung zu thun haben, welche sich aber wesentlich von einer pendelförmigen Bewegung unterscheidet. Während nämlich bei dieser die Geschwindigkeit mit der Entfernung des schwingenden Punktes

von der Ruhelage abnimmt, bis sie gleich Null ist, worauf der Punkt sich gegen die Ruhelage zurückbewegt, um in dieser seine grösste Geschwindigkeit zu erlangen, verhält es sich in unserem Falle gerade umgekehrt. Die Geschwindigkeit des Punktes *b* wächst und vermindert sich mit der Entfernung von seiner Ruhelage.

Betrachten wir nun die Wirkungen dieser schwingenden Bewegung auf über die Erdoberfläche emporragende Körper. Denken wir uns zuerst statt der mathematischen Geraden einen hauptsächlich nach einer Dimension ausgedehnten, aufrecht stehenden Körper, z. B. einen hohen Baum, eine Telegraphenstange, Steinsäule etc. von der Bewegung ergriffen. Während der Phase I neigt sich der Körper seitwärts und abwärts und erreicht am Ende derselben seine grösste Geschwindigkeit. Die seitliche Bewegung soll nun plötzlich unterbrochen und in die entgegengesetzte verwandelt werden. In Folge der Trägheit wird jedoch der Körper die frühere seitliche Bewegung fortzusetzen suchen. Haftet derselbe nur vermöge seiner Schwere ohne feste Verbindung am Boden, so wird er, wenn die Bewegung bedeutend genug war, diese fortsetzen und umfallen, oder wenn der Betrag der Bewegung so gering war, dass die Stabilitätsgrenze noch nicht überschritten wurde, in Folge der Schwere diese Bewegung allmälig verzögern, einstellen und sich in entgegengesetzter Richtung zurückbewegen. Ist die Verbindung des Körpers mit dem Boden eine fixe, so wird die Trägheit, vermöge welcher er die Bewegung fortzusetzen sucht, einen Druck, Zug oder Stoss in der Richtung dieser Bewegung auf den Körper ausüben, welcher in den höchsten Theilen desselben am stärksten ist und gegen unten abnimmt. Diese Kraft kann unter Umständen hinreichen, den Körper zu biegen, abzubrechen etc. In jedem Falle wirkt sie jener Kraft entgegen, welche den Körper vermöge seiner fixen Verbindung mit dem Boden zu Beginn der Phase II nach der entgegengesetzten Richtung zu bewegen sucht. Besitzt der Körper so viel Biegsamkeit, dass er wenigstens in seinen oberen Theilen noch eine gewisse Strecke in derselben Richtung sich fortbewegen kann, so wirkt jene zweite Kraft verzögernd auf diese Bewegung, bis die Geschwindigkeit derselben gleich Null wird, worauf die Bewegung in entgegengesetzter Richtung beginnt, zunächst mit

geringer, sich aber rasch steigernder Geschwindigkeit. Wir sehen also in dem Momente des Überganges aus der Phase I in die Phase II in Folge des Widerstreites der Kräfte, welche den Körper in zwei einander gerade entgegengesetzten Richtungen zu bewegen suchen, gewisse Modificationen jener Bewegungsformen eintreten, welche wir an der mathematischen Geraden betrachtet haben; wir müssen diese Bewegungsformen daher als den Ausdruck des Bestrebens des Körpers betrachten, welchem das Beharrungsvermögen entgegenwirkt.

Dieselben Erscheinungen werden eintreten an der Grenze zwischen den Phasen III und IV. Wenn die Geschwindigkeit, welche ein besimnter Punkt (z. B. das obere Ende des Körpers) zu Ende der Phase III erlangt, geringer ist, als die Geschwindigkeit, mit welcher sich derselbe am Ende der Phase I bewegte, so ist dafür die Geschwindigkeit, mit welcher er sich zu Beginn der Phase IV in entgegengesetzter Richtung zu bewegen sucht, in demselben Verhältnisse grösser, als die entsprechende Geschwindigkeit zu Beginn der Phase II; die Reaction in Folge des Beharrungsvermögens ist daher in beiden Fällen die gleiche.

In den meisten Fällen, welche zur Beobachtung gelangen, werden wir das verticale Moment der Bewegung unberücksichtigt lassen können, und wir können dann die Bewegung einfach als ein Hin- und Herschwanken betrachten, wobei in den beiden Momenten, in welchen der Körper seine grösste Neigung erlangt hat, ähnliche heftige Wirkungen eintreten, wie sie von horizontalen oder nahezu horizontalen Stössen hervorgebracht werden.

Wenn wir uns statt eines Baumes etc. eine einzeln stehende Mauer von der Bewegung ergriffen denken, so zwar, dass das Fortschreiten der Wellen senkrecht auf die Längenausdehnung der Mauer stattfindet, so wird die Mauer, wenn der Betrag und die Schnelligkeit der Bewegung bedeutend genug ist, in den Zeitpunkten I/II und III/IV in der Richtung der früheren Bewegung zu brechen suchen. Es wird ein horizontaler Riss nahe dem Boden (bei hohen Mauern auch an höheren Stellen, oder dort, wo sie durch angebrachte Öffnungen geschwächt sind etc.) entstehen. Wenn durch diese Kraftleistung noch nicht die ganze Geschwindigkeit aufgebraucht ist, so kann sich nun die Mauer ungehindert

von der Bewegung des Bodens in der alten Richtung fortbewegen, und es hängt dann ausser von der Geschwindigkeit dieser Bewegung nur von der Wirkung der Schwere ab, ob die Mauer fällt oder sich wieder zurückbewegt.

Betrachten wir nun die Bewegung eines Körpers, welcher auch in der Richtung des Fortschreitens der Bewegung eine grössere Ausdehnung besitzt, z. B. eine Mauer, deren Längenausdehnung in dieser Richtung liegt. Wir können uns dieselbe in dem Rechtecke *lmno* (Taf. IV, Fig. 1) projicirt denken. Wir nehmen an, die Länge der Welle sei eine so grosse, dass wir den Theil des Bodens, welcher der Länge der Mauer entspricht, als eine Ebene betrachten können. Wir nehmen also auf die Verhältnisse, welche die Krümmung des Bodens hervorbringt, keine Rücksicht und betrachten nur die Wirkung der Neigung desselben, wie früher bei der einzelnen Geraden.

Denken wir uns sämmtliche Punkte der Mauer in einzelnen, senkrecht stehenden, starren, geraden Linien angeordnet, so wissen wir, dass jeder Punkt das Bestreben hat, eine Bahn, ähnlich der Bahn $b\,b_3\,b_6\,b_9$ zu beschreiben. Dieselbe Schwingungsphase langt aber bei jeder Geraden zu verschiedener Zeit an, und in dem gleichen Augenblicke befindet sich jede Gerade in einer anderen Phase.

Der Einfachheit der Construction wegen wurde die Länge der Mauer *mn* dem sechsten Theile der Wellenlänge gleich gemacht.

Denken wir uns die Bewegung wieder von links nach rechts fortschreitend, so wirken die links von der mittleren Geraden *ab* liegenden Geraden in Folge der fixen Verbindung sämmtlicher Theilchen der Mauer in demselben Masse beschleunigend auf die Bewegung der ganzen Mauer, in welchem die rechts von *ab* gelegenen Geraden verzögernd wirken, und umgekehrt. Nur die mittlere Gerade wird, da sie von beiden Seiten auf gleiche und entgegengesetzte Weise beeinflusst wird, die Bewegung wirklich ausführen, welche sie vermöge ihrer Schwingungsphase auszuführen strebt. Alle übrigen Geraden hingegen werden gezwungen sein, jene Bewegung auszuführen, welche ihnen vermöge der starren Verbindung sämmtlicher Mauertheilchen zukommt. Daraus ergibt sich die Construction in Taf. IV.

Während der Punkt b nach und nach die Stellungen b_1, b_2,.. b_{11}, b einnimmt, wird der Punkt m gleichzeitig die Stellungen m_1, m_2,...m_{11}, m und der Punkt n zur selben Zeit die Stellungen n_1, n_2,...n_{11}, n einnehmen.

Die Bahnen: 1. $m\ m_3$, $b\ b_3$, $n\ n_3$
2. $m_3\,m_6$, $b_3\,b_6$, $n_3\,n_6$
3. $m_6\,m_9$, $b_6\,b_9$, $n_6\,n_9$
4. $m_9\,m$, $b_9\,b$, $n_9\,n$

entsprechen daher je den gleichen Vierteln einer ganzen Schwingungsdauer.

Dem Zeitmomente IV/I der mittleren Geraden entspricht die senkrechte Stellung der Mauer auf dem Wellenberge, dem Momente I/II die äusserste Neigung in regressiver Richtung, II/III die aufrechte Stellung im Wellenthale, III/IV die äusserste Neigung in progressiver Richtung. Die Augenblicke der grössten Neigung I/II und III/IV, in welchen zugleich mit der erlangten Maximalgeschwindigkeit die Umkehrung der Bewegung in die entgegengesetzte Richtung erfolgen soll, sind, wie leicht ersichtlich, diejenigen, in welchen die grössten Zerstörungen erfolgen. Die Erklärung derselben ergibt sich leicht aus der Betrachtung der Bewegung der Punkte m und n, deren Schwingungsphasen man mit dem grössten Vortheile nach den gleichzeitigen Phasen des Punktes b bezeichnen wird.

Wenn der Punkt b zwei Ellipsen beschreibt, so beschreiben die Punkte m und n entsprechend verzerrte Ellipsen. Während der Phase I bewegt sich m mit grösserer, n mit kleinerer Geschwindigkeit als b, aber beide ebenfalls beschleunigt. Die Phase II beginnt m mit sehr geringer Geschwindigkeit und erfährt während derselben sogar eine kleine Beschleunigung, während b und n ihre Geschwindigkeit verzögern etc. Das sind Verhältnisse, welche nicht in allen Details von Wichtigkeit und in unserer Figur selbst anschaulich dargestellt sind.

Was der Zeitmoment I/II für die seitliche Bewegung des Punktes m, das ist der Moment III/IV für die seitliche Bewegung des Punktes n. Wenn auch die Geschwindigkeiten vor und nach diesen Momenten in umgekehrter Reihenfolge verschieden sind, so bleibt sich dies mit Bezug auf die Wirkung der Trägheit vollkommen gleich. (Vgl. S. 299 bezüglich des Punktes b.) Der

Unterschied besteht nur in der Richtung der Bewegung, da die Trägheit im ersten Falle (m) das Zurückbleiben dieser Seite der Mauer in regressiver, im zweiten Falle (n) das Zurückbleiben der anderen Seite in progressiver Richtung veranlasst. In den meisten Fällen werden verticale Risse, welche oben weit sind und sich nach unten verengern, nahe dem betreffenden Ende der Mauer entstehen, und es wird ausser von der Geschwindigkeit der fortgesetzten seitlichen Bewegung des abgetrennten Mauerstückes, hauptsächlich von der Wirkung der Schwere abhängen, ob jenes zum Falle gelangt oder sich wieder gegen die Mauer zurückbewegt.

Bei sehr heftigen Bewegungen, bei denen auch das verticale Kraftmoment eine grosse Rolle spielt, wie dies z. B. bei der in unserer Figur dargestellten Bewegung der Fall ist, werden schiefe Risse in der Mauer entstehen. In dem Zeitpunkte I/II wird das nach der regressiven Seite zu gelegene Mauerende die heftige Bewegung fortzusetzen suchen und daher von der übrigen sich bereits in entgegengesetzter Richtung bewegenden Mauer abbrechen. Die tieferen Theile der Mauer werden schneller in die Bewegung der Phase II übergehen als die höheren, und es wird daher oben eine grössere Partie der Mauer die Bewegung im alten Sinne fortzusetzen und abzureissen suchen. Die Folge davon wird die Entstehung eines schiefen Sprunges sein, der gegen die Mitte der Mauer ansteigt und gegen das regressive Ende derselben fällt. Auf analoge Weise lässt sich die Entstehung eines schiefen Sprunges am progressiven Ende der Mauer in dem Zeitpunkte III/IV erklären, eines Sprunges, der gegen die Mitte der Mauer ansteigt, gegen das progressive Ende zu fällt. Die Richtungen der beiden in verschiedenen Zeitmomenten entstandenen Sprünge kreuzen sich also, und es ist desshalb nicht möglich, aus der Richtung derartiger Sprünge auf die Richtung des Fortschreitens der Wellenbewegung zu schliessen.

Ebenso wenig kann es gestattet sein, aus der Grösse des Winkels, welchen ein schiefer Sprung mit dem Horizonte bildet, irgend welche Schlüsse auf den Betrag oder die Richtung der veranlassenden Bewegung zu ziehen; denn die Grösse dieses Winkels hängt nicht bloss von der Neigung des Bodens und demgemäss von dem Verhältnisse der Höhe zur Länge der Welle,

sondern auch von der Höhe und anderen zufälligen Eigenschaften des Mauerwerkes (Öffnungen etc.) selbst, kurz von zu vielen Umständen ab, als dass man den Antheil, welcher dem einzelnen Umstande zuzuschreiben ist, bestimmen könnte.

Die verticalen und schiefen Sprünge, welche auf die besprochene Weise entstehen, sind nicht nothwendig an das eine oder andere Ende der Mauer gebunden. Die Mauer wird vor Allem am leichtesten dort brechen, wo sie am schwächsten ist. Wenn die Mauer durch Thür- und Fensteröffnungen unterbrochen ist, so werden die entstehenden Sprünge mit Vorliebe sich an diese Öffnungen anschliessen.

Es würde meine Arbeit zu weit ausdehnen, wenn ich nun genauer darauf eingehen wollte, wie die verschiedenen Beschädigungen an Gebäuden je nach der Stellung, der Bauart derselben etc. auf dem besprochenen Wege erfolgen. Ich halte dies aber auch nicht für nothwendig, weil es einerseits nach dem Vorangegangenen, bei einiger Kenntniss der Bauart eines Hauses, nicht schwer ist, sich dieselben zu erklären, andererseits, weil die genauen Darlegungen Mallet's in seinem schönen Werke über das Neapolitanische Erdbeben, so grundverschieden unsere Auffassung bezüglich der unmittelbaren Ursache dieser Beschädigungen ist, doch mit entsprechenden Modificationen auch auf die von mir gegebene Erklärung anwendbar sind.

Verbreitung und Intensität.

Wenn man die Orte, an deren Gebäuden das Erdbeben die verheerendsten Wirkungen hinterlassen hat, auf der Karte zu umgrenzen sucht, so erhält man eine Curve, welche sehr nahe kommt einer Ellipse, deren grosse Axe ungefähr die Richtung SW—NO und eine Länge von sechs Meilen hat, und deren kleine Axe über drei Meilen lang ist. Von Orten, welche die bedeutendsten Zerstörungen erlitten haben, sind insbesondere Kerestinec, Agram, Remete, Granešina, Kašina, St. Nikola, St. Helena auf der einen, Kraljev Vrh und Ober-Stubica auf der anderen Seite des Agramer Gebirges zu nennen. Dieselben sind ganz regellos auf dem pleistoseisten Gebiete vertheilt und wechseln in ihrer Lage ab mit Ortschaften, welche geringere Zerstörungen auf-

weisen; Gesetz ist nur das Gebundensein der heftigsten Zerstörungen auf die Abhänge und den nächsten Umkreis des Agramer Gebirges und seiner nordöstlichen Fortsetzung, wobei das Streichen des Gebirges mit der Haupterstreckung der besprochenen Ellipse zusammenfällt. Auf der Höhe des Gebirges sind keine gemauerten Gebäude vorhanden, so dass hier die sichersten Kennzeichen für die Intensität der Erschütterung fehlen.

Die Beschädigungen an Gebäuden erstrecken sich indessen auf ein weitaus grösseres Gebiet, auf welchem sie sehr ungleichmässig verbreitet sind. Es zeigt sich aber, dass nach Norden und Osten der Grad der Beschädigungen langsam abnimmt und dass noch in grosser Entfernung von dem pleistoseisten Gebiete Orte mit ganz bedeutenden Beschädigungen angetroffen werden, während gegen Süden und Westen die grossen Zerstörungen fast plötzlich aufhören und nur mehr Orte mit unbedeutenden Beschädigungen vorkommen; oder, um mich anders auszudrücken, es zeigt sich, dass die Region der grössten Zerstörungen gegen Norden und Osten allmälig übergeht in die Regionen geringerer Intensität, während sie gegen Westen und Süden scharf begrenzt ist.

Damit stimmt überein, dass das Vorkommen von Gebäudebeschädigungen überhaupt viel weiter gegen Norden und Osten reicht, als gegen Süden und Westen; denn die nördliche Grenze der zerstörenden Wirkung ist 16 Meilen, die östliche sogar 22 Meilen von dem geometrischen Mittelpunkte des pleistoseisten Gebietes entfernt, wogegen die Entfernung der südlichen Grenze von diesem Mittelpunkte nur 11 Meilen, die der westlichen 13 Meilen beträgt.

Bezüglich der weiteren Verbreitung des Erdbebens über die Grenzen der zerstörenden Wirkung hinaus ist zu bemerken, dass auf dieselbe die Erscheinungsformen der Oberfläche keinen Einfluss zu besitzen scheinen. Die Gebirgsketten der Ostalpen und das böhmische Massiv waren ebenso wenig als die Tiefen der Adria ein Hinderniss für die Verbreitung der Erschütterung. Die Ungleichmässigkeit, welche wir in den inneren Zonen kennen gelernt haben, macht sich an den äussersten Grenzen in noch höherem Masse geltend. Orte, von welchem positive, und solche, von welchen negative Berichte vorliegen, durchkreuzen sich in

der mannigfaltigsten Weise, und es lässt sich keine Linie angeben, welche das Gesammtverbreitungsgebiet nach innen und aussen scharf abgrenzen würde. Obwohl Obersteiermark und Niederösterreich sehr viele, Salzburg und Oberösterreich fast nur negative Berichte geliefert haben, reicht das Verbreitungsgebiet im Norden dennoch bis Budweis in Böhmen und Prossnitz in Mähren. Ähnlich verhält es sich in Ungarn, wo Szegedin den östlichsten Punkt bildet. Während das westliche Kärnten und Tirol nur negative Nachrichten bringen, wird die Erschütterung doch in Bozen bemerkt, und obwohl die österreichischen Küstenstationen und Leuchtthürme des adriatischen Meeres in ihrer grossen Mehrzahl negativ berichten, wird das Erdbeben an mehreren Orten Oberitaliens beobachtet und verbreitet sich bis nahe an die Südspitze Dalmatiens. Bemerkenswerth ist ferner, dass die Seismographen der Observatorien von fast ganz Italien das Erdbeben verzeichneten.

Zeitangaben.

Gegen die bekannte Seebach'sche Methode,[1] auf Grund der Zeitangaben das „Epicentrum", die „wahre Fortpflanzungsgeschwindigkeit", den Zeitpunkt des ersten Anstosses und die Tiefe des „Centrums" zu ermitteln, ist bereits eingewendet worden, dass die Grundlagen zu ungenau und zu wenig verlässlich sind, als dass die daraus gezogenen Schlüsse richtig sein könnten. Der Umstand, dass verschiedene Autoren auf Grund der gleichen Zeitbestimmungen zu ganz verschiedenen Resultaten gelangen (Lasaulx—Höfer)[2], ist geeignet, schon von vornherein diese Art der Forschung wenig vertrauenswürdig erscheinen zu lassen.

---

[1] Karl von Seebach, Das mitteldeutsche Erdbeben vom 6. März 1872. Leipzig 1873.

[2] A. von Lasaulx, Das Erdbeben von Herzogenrath am 22. October 1873. Bonn 1874.

A. von Lasaulx, Das Erdbeben von Herzogenrath am 24. Juni 1877. Bonn 1878.

Hanns Höfer, Die Erdbeben von Herzogenrath 1873 und 1877 und die daraus abgeleiteten Zahlenwerthe. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt, 1878, XXVIII. Band, S. 467.

In der That wird man, mit einem derartigen Materiale operirend, für jede Anschauung zu den entsprechenden Resultaten gelangen können, wenn es gestattet ist, die dieser Anschauung nicht entsprechenden Angaben einfach auszuscheiden.

Aus der Erkenntniss des physikalischen Charakters unserer Erderschütterung geht mit Bestimmtheit hervor, dass jede Voraussetzung, nach welcher das Beben in einem bestimmten Punkte oder eng beschränkten Gebiete unter der Oberfläche entstanden wäre und sich von hier aus gleichmässig nach allen Richtungen verbreitet hätte, unstatthaft ist. Dennoch habe ich vielfache Versuche gemacht, die zahlreichen, mir zur Verfügung stehenden Zeitangaben, unter welchen sich eine Anzahl recht guter und mehrere ausgezeichnete Angaben befinden, im Sinne der Seebach'schen Methode zu verwenden. Aber weder graphisches Verfahren, noch Rechnung führten zu einem entsprechenden Ziele.[1] Diese Arbeiten, auf welche näher einzugehen ich für überflüssig halte, ergaben nur den einen sicheren Schluss, dass entweder der grösste Theil gerade der zuverlässigsten Zeitangaben (nahezu alle) falsch ist, oder dass die Voraussetzung von der centralen Natur und gleichmässigen Verbreitung des Bebens der Wirklichkeit nicht entspricht. Ich konnte nicht im Zweifel sein, dass ich mich für das zweite Urtheil zu entscheiden hatte.

Ich gebe in Folgendem ein Verzeichniss derjenigen Südbahnstationen, welche Zeitangaben geliefert haben. Dasselbe ist der von der Direction der Südbahn zusammengestellten Tabelle entnommen und enthält die Stationen in der Reihenfolge der einzelnen Linien, die Zeitangaben in Wiener Zeit.

Station	h	m
Hetzendorf	7h	36m
Gumpoldskirchen	7	33
Baden	7	32
Neustadt	7	38
Mitterdorf	7	38
Bruck	7	42
Leoben	7	35

[1] Für zahlreiche derartige Berechnungen bin ich meinem Bruder Theodor zu Dank verpflichtet.

Pernegg	7^h	38^m
Graz	7	38
Ehrenhausen	7	38
Spielfeld	7	37
Pössnitz	7	31
Marburg	7	35
Kranichfeld	7	37
Pragerhof	7	37
Sternthal	7	34
Pettau	7	35
Moschganzen	7	35
Gross-Sonntag	7	35
Fridau	7	36
Polstrau	7	30
Windisch-Feistritz	7	37
Pöltschach	7	37
Ponigl	7	35
St. Georgen	7	35
Store	7	35
Cilli	7	36
Römerbad	7	35
Steinbrück	7	35
Reichenburg	7	34
Videm-Gurkfeld	7	34
Rann	7	35
Hrastnigg	7	36
Trifail	7	34
Sagor	7	34
Littai	7	35
Kressnitz	7	40
Laase	7	35
Salloch	7	38
Laibach	7	36
Franzdorf	7	37
Rakek	7	36
Adelsberg	7	36
Prestranek	7	40
St. Peter	7	36

	h	m
Küllenberg	7^h	35^m
Dornegg Feistritz	7	30
Divacca	7	35
Herpelje Kozina	7	38
Podgorje	7	40
Pinguente	7	40
Mitterburg-Pisino	7	36
Rovigno	7	25
Prosecco	7	38
Monfalcone	7	38
Ronchi	7	38
Triest	7	36
Feistritz	7	34
Maria Rast	7	34
St. Lorenzen	7	34
Saldenhofen	7	36
Unter-Drauburg	7	34
Lavamünd	7	38
Ettendorf	7	40
St. Andrä	7	30
Wolfsberg	7	30
Prevali	7	36
Bleiburg	7	33
Künsdorf	7	34
Klagenfurt	7	33
Maria-Wörth	7	38
Föderlach	7	36
Villach	7	38
Schadendorf	7	38
Ödenburg	7	30
Steinamanger	7	30
Molnári	7	35
St. Iván	7	30
Gelse	7	30
Csakathurn	7	33
Kottori	7	35
Mura-Keresztur	7	37
Kanizsa	7	36

Légrád	7^h	36^m
Zákány	7	37
Vizvár	7	30
Babocsa	7	35
Barcs	7	36
Récse	7	36
Komárváros	7	35
Keszthely	7	36
Fonyód	7	35
Boglár	7	34
Szántód	7	30
Moha	7	30
Budapest (Stadtbureau)	7	30
Zaprešić	7	30
Agram	7	30
Gross-Gorica	7	30
Lekenik	7	35
Sissek	7	35

Die grossen Differenzen zwischen den Angaben benachbarter Stationen beweisen, dass ein grosser Theil der Angaben unrichtig ist, sei es, dass die Uhren trotz der täglichen Abgabe des Mittagszeichens nicht genau gerichtet werden, sei es, dass die Zeit unrichtig abgelesen oder wiedergegeben wurde. Der Umstand, ob an der betreffenden Station Uhren stehen blieben oder nicht, scheint nach einer von mir vorgenommenen Vergleichung von keinem Einflusse auf die Genauigkeit der Angabe gewesen zu sein. Die topographische Gruppirung der Stationen, die grössere oder geringere Entfernung derselben von dem pleistoseisten Gebiete lässt im Vergleiche mit den Zeitangaben kein Gesetz in den letzteren erkennen, wenn man sich nicht auf Grund irgend einer vorgefassten Meinung der gröbsten Willkür schuldig machen will.

Auf einem anderen Wege jedoch, auf dem der statistischen Betrachtung, gelangen wir zu einem bestimmten Resultate. Wenn wir die Stationen nach den Zeitangaben gruppiren, wie dies in der weiter unten folgenden Tabelle geschehen ist, so finden wir die Angabe $7^h\ 25^m$ an einer Station vertreten, $7^h\ 30^m$ an 15 Stationen etc. Zur Übersicht diene nachstehendes Verzeichniss:

Wiener Zeit		Anzahl der Stationen
7^h 25^m		1
7 26		0
7 27		0
7 28		0
7 29		0
7 30		15
7 31		1
7 32		2
7 33		4
7 34		11
7 35		22
7 36	[7^h 35^m 28^s Wiener Zeit: Agram]	18
7 37		9
7 38		14
7 39		0
7 40		5
7 41		0
7 42		1

Es ergibt sich von beiden Seiten her im Allgemeinen ein Steigen der Zahl der Stationen gegen die Angabe 7^h 35^m, welche am häufigsten vertreten ist. Wenn wir nun finden, dass dieser Zeit die sehr genaue und verlässliche Bestimmung für die Stadt Agram [7^h 35^m 53^s Agramer Zeit (Prof. Stožir) = 7^h 35^m 28^s Wiener Zeit] entspricht, so veranlasst uns diese auffallende Thatsache, die beiden grösseren Unregelmässigkeiten in unserer gegen die Mitte ansteigenden Reihe näher zu untersuchen. Dass die Angabe 7^h 30^m an einer grösseren Anzahl von Stationen vorkommt, ist leicht erklärlich; dieselbe war offenbar schon ursprünglich ungenau, lautete nicht in Minuten und bedeutet „ungefähr $^1/_2$8 Uhr“. Die andere Unregelmässigkeit (7^h 38^m) erklärt sich, wenn wir die von der Direction der Südbahn in Wiener Zeit übermittelten Angaben auf die ursprüngliche Zeit reduciren. Die Stationen der österreichischen Linien rechnen nach Prager, die der ungarischen Linien nach Budapester Zeit. Ich habe nun alle Angaben auf Prager Zeit gebracht und dabei Folgendes berück-

sichtigt. Im Bahnverkehre ist Wiener Zeit gegen Prager Zeit um 8 Minuten und Budapester Zeit gegen Prager Zeit um 18 Minuten voraus. Daraus ergeben sich die ursprünglichen Angaben der Stationen in Minuten. Um nun aber die Angaben der ungarischen Stationen in Prager Zeit darzustellen und dieselben der Wahrheit möglichst nahe zu bringen, benützte ich die mir bekannten Zeitunterschiede Ofen — Paris ($+1^h\ 6^m\ 51^s$) und Prag — Paris ($+0^h\ 48^m\ 20^s$), woraus sich für Ofen—Prag $+18^m\ 31^s$ ergab. Ich nahm daher die Budapester Zeit als um $18^1/_2{}^m$ gegen die Prager Zeit voraus an, und so erscheinen in den folgenden Verzeichnissen die Angaben der ungarischen Stationen auf halbe Minuten genau in Prager Zeit, obwohl die ursprünglichen Angaben nur auf ganze Minuten genau waren; diese Zeitangaben wurden, um sie zu unterscheiden, eingeklammert. Die vereinzelte Angabe $7^h\ 25^m$ Wiener Zeit ($= 7^h\ 17^m$ Prager Zeit) und die 15 Angaben $7^h\ 30^m$ Wiener Zeit = ungefähr $^1/_2 8^h$ brauchen wir nicht weiter zu berücksichtigen.

	Prager Zeit	Anzahl der Stationen		
	$7^h\ 23^m$	1		
	24	1		
	(24·5)	1		
	25	4	5	23
	(25·5)	1		
	26	10	18	
	(26·5)	8		
	27	14	32	
[Agram: $7^h 27^m 38^s$ Prager Zeit]	(27·5)	5		
	28	13		
	(28·5)	2	9	23
	29	7		
	(29·5)	0	14	
	30	14		
	31	0		
	32	5		
	33	0		
	34	1		

21 *

Auf diese Weise tritt das Häufigwerden jener Angaben, welche sich der ausgezeichneten Zeitbestimmung für Agram nähern ($7^h 33^m 53^s$ Agramer Zeit = $7^h 27^m 38^s$ Prager Zeit), noch deutlicher hervor. Gleichzeitig erklärt sich die Unregelmässigkeit in unserer früheren Reihe ($7^h 38^m$ Wiener Zeit). Sämmtliche 14 Stationen, welche diese Angaben liefern, gehören österreichischen Linien an, die Angabe lautete ursprünglich $7^h 30^m$ Prager Zeit, und es ist leicht erklärlich, wie selbst bei Angaben, welche auf Minuten genau sein sollen, die runde Zahl vorgezogen wird, wenn eben die Genauigkeit keine besonders grosse ist.

Die folgende Tabelle enthält nun sämmtliche Stationen nach den Zeitangaben geordnet, um nähere Vergleichungen zu erleichtern.

Wiener Zeit	Prager Zeit	Stationen
7^h 25^m	7^h 17^m	Rovigno
7 30	[= „½ 8^h“]	Agram
		St. Andrä
		Dornegg-Feistritz
		Gelse
		Gross-Gorica
		St. Iván
		Moha
		Ödenburg
		Pest
		Polstrau
		Steinamanger
		Szántód
		Vizvár
		Wolfsberg
		Zaprešić
7 31	7 23	Pössnitz.
7 32	7 24	Baden
7 33	(7 24·5)	Csakathurn

Wiener Zeit	Prager Zeit	Stationen
7^h 33^m	7^h 25^m	Bleiburg
		Gumpoldskirchen
		Klagenfurt
		Krainburg
7 34	(7 25·5)	Boglár
7 34	7 26	Unter-Dranburg
		Feistritz
		Videm-Gurkfeld
		Künsdorf
		St. Lorenzen
		Maria-Rast
		Reichenburg
		Sagor
		Sternthal
		Trifail
7 35	(7 26·5)	Babocsa
		Fonyód
		Komárváros
		Kottori
		Lekenik
		Molnári
		Sissek
		Tétény
7 35	7 27	Divacca
		St. Georgen
		Küllenberg
		Laase
		Leoben
		Littai
		Marburg
		Moschganzen
		Ponigl
		Rann

Wiener Zeit	Prager Zeit	Stationen
7^h 35^m	7^h 27^m	Römerbad
		Gross-Sonntag
		Steinbrück
		Store
7 36	(7 27·5)	Bares
		Gross-Kanizsa
		Keszthely
		Légrád
		Récse
7 36	7 28	Adelsberg
		Cilli
		Föderlach
		Fridau
		Hetzendorf
		Hrastnigg
		Laibach
		Mitterburg-Pisino
		St. Peter
		Prevali
		Rakek
		Saldenhofen
		Triest
7 37	(7 28·5)	Mura-Keresztur
		Zákány
7 37	7 29	Windisch-Feistritz
		Franzdorf
		Kranichsfeld
		Pöltschach
		Pragerhof
		Rudolfswert
		Spielfeld

Wiener Zeit	Prager Zeit	Stationen
$7^h\ 38^m$	$7^h\ 30^m$	Ehrenhausen
		Graz
		Herpelje-Kozina
		Lavamünd
		Mitterdorf
		Monfalcone
		Neustadt
		Pernegg
		Prosecco
		Ronchi
		Salloch
		Schadendorf
		Villach
		Maria-Wörth
7 40	7 32	Ettendorf
		Kressnitz
		Pinguente
		Podgorje
		Prestranek
7 42	7 34	Bruck

Auf der Karte (Taf. II) sind jene Zeitangaben, welche der Bestimmung für Agram am nächsten kommen, hervorgehoben. Es zeigt sich weder bei diesen noch bei den anderen irgend ein Überwiegen nach topographischen Gruppirungen. Der Umstand, dass die Zeitangaben unbeschadet der geographischen Lage der Stationen um so häufiger werden, je mehr sie sich der Agramer Bestimmung nähern, lässt mit grosser Wahrscheinlichkeit erkennen:

1. Dass der grössere Theil der Stationsangaben der Wahrheit ziemlich nahe kommt, 2. dass grosse Zeitunterschiede (von einigen Minuten) in dem Auftreten der Bewegung an den einzelnen Orten nicht vorhanden waren.

In der nachstehenden Tabelle sind die zuverlässigsten und genauesten Zeitbestimmungen, welche mir zur Verfügung stehen,

Name des Ortes	Ursprung der Angabe	Agramer Zeit 7 Uhr		Prager Zeit 7 Uhr		Diff. gegen Agram
		Min.	Sec.	Min.	Sec.	Sec.
Agram	Met. Beobacht. Stat. (Prof. Stožir) 7ʰ 33′ 53·3″ Agramer Zeit	33	53	27	38	0
Budweis	Stadtthurm-Uhr und zwei Pendeluhren im Thurme 7ʰ 31′ O. Z.	37	1	30	46	188
Fiume	Prof. Luksch 7ʰ 27′ 30″ O. Z. (Capt. Litrow 7ʰ 27′. Gymn. D. Slamnik 7ʰ 28′)	33	42	27	27	—11
Fünfkirchen	C. A. f. M. u. E., und Advocat Németh Béla 7ʰ 43′ O. Z.	33	59	27	44	6
Graz	D. Sprung 7ʰ 34′	36	11	29	56	138
Klagenfurt	B. R. Seeland 7ʰ 28′ und 28½′	34	41	28	26	48
		35	11	28	56	78
Komorn	Uhrmacher A. Stellinger, genau 7ʰ 41′	32	27	26	12	—86
Laibach	7ʰ 27′ O. Z. 1. Laib. Zeitung. 2. Bericht ohne Unterschrift. 3. Rudolfsbahn	32	53	26	38	—60
Ödenburg	7ʰ 37′ u. 38′. Beide an d. C. A. f. M. u. E.	34	35	28	20	42
		35	35	29	20	102
Pápa (Ungarn)	Dr. Löwy 7ʰ 45′ nach ung. Eisenb. Z.	32	44	26	29	—69
Pest	Jahrespendeluhr des Uhrmachers Lechner 7ʰ 45′ (Pest. Lloyd 7ʰ 50′, 53′, 43′)	32	44	26	29	—69
Petrinja	Dir. d. Lehrerb.-A. (J. Balasko)	35	—	28	45	67
St. Pölten	Uhrmacher Fr. Gebath 7ʰ 37′ u. einige Sec. Wr. Z.	34	25+	29	10+	92+
Pola	K. k. hydr. Amt: Dir. Müller 7ʰ 25·7′ O. Z.	34	15	28	0	22
Trbljan (bei Kopreiniz)	M. Perakovic Südsl. Ak. 7ʰ 45′ u. einige Sec. Pest. Z.	32	44+	26	29+	—69+
Triest	C. A. f. M. u E. 7ʰ 25′ O. Z.	33	54	27	39	1
	G. Grablowitz 7ʰ 24′ 32″ O. Z.	33	26	27	11	—27
Varasdin	Turnl., Carl Nilius 7ʰ 35′ O. Z. (Prof. Dr. Križan 7ʰ 43′ O. Z.)	33	33	27	18	—20
Wien	Prof. Herr 7ʰ 36′ 17ˢ O. Z.	34	42	28	27	49
Zirknitz	Adolf Obresa 7ʰ 28′ wenn O. Z.	34	27	28	12	34
	7ʰ 28′ wenn Laibach. Z.	33	53	27	38	0
Zwischenwässern	Rudolfsbahn: präcise 7ʰ 27′ (3ᵐ vor Einfahrt des Zuges 701)	33	15	27	0	—38

in alphabetischer Reihenfolge der Ortschaften zusammengestellt. Alle übrigen betrachte ich als werthlos. Die betreffenden Daten sind übrigens im II. Abschnitte enthalten.

Die in der Tabelle verzeichneten Angaben wurden alle sowohl auf Agramer, als auf Prager Zeit reducirt. Hiebei wurden die in Behm's geographischem Jahrbuch, Bd. I, 1866 und Bd. VIII, 1880 angeführten Zeitunterschiede verschiedener Orte gegen Paris benützt, und wo diese Verzeichnisse nicht ausreichten, auf guten Karten die Entfernung des betreffenden Ortes von dem nächsten Meridian gemessen und nach Mittelwerthen der Zeitunterschied annähernd berechnet.

Wir sehen, dass die Differenzen gegen die Bestimmung für Agram nur nach Secunden sich beziffern (vielleicht mit alleiniger Ausnahme von Budweis). Eine wirklich werthvolle Untersuchung wird nur dann durchführbar sein, wenn eine grössere Anzahl von auf Secunden genauen und vollkommen verlässlichen Angaben vorhanden ist. Jedenfalls ergibt sich, dass die oberflächliche Verbreitung der Erschütterung mit weitaus grösserer Geschwindigkeit vor sich gieng, als man nach den bisherigen Untersuchungen annehmen zu dürfen glaubte.

Wenn ich zum Schlusse es unternehme, auf das Hauptergebniss meiner Arbeit hinzuweisen, so kann dies mit wenigen Worten geschehen. Es lässt sich mit Bestimmtheit aussprechen, dass die Bewegung in dem ganzen von ihr betroffenen Gebiete, von dem pleistoseisten Bezirke mit den gewaltigen Gebäudezerstörungen bis zu den äussersten Grenzen, an welchen die Erscheinung nur sporadisch zur Beobachtung gelangte, wenn auch quantitativ verschieden, doch qualitativ die gleiche war. Sie lässt sich charakterisiren als eine in verticaler oder doch nahezu verticaler Richtung erfolgte schwingende Bewegung der einzelnen Bodentheilchen, durch welche der Boden seine Gestalt veränderte, als eine länger dauernde fortschreitende, transversale Wellenbewegung eines Theiles der Erdoberfläche, welche Bewegung an einer grossen Zahl von Localitäten nachweisbar mehrmals die Richtung ihres Fortschreitens geändert hat.

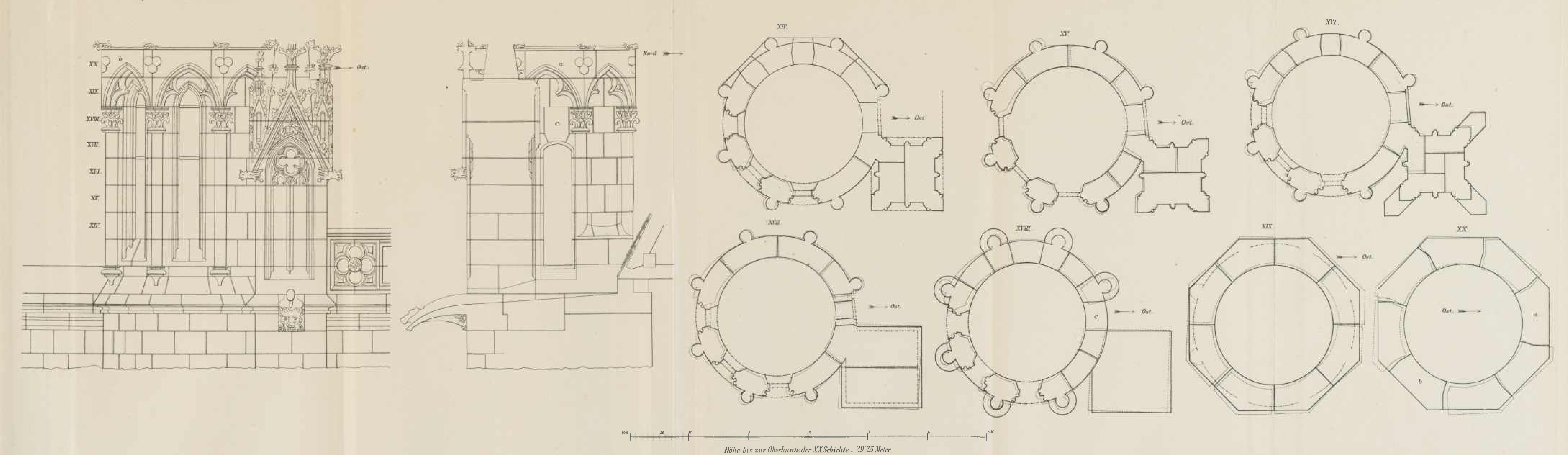
Die Bewegung bestand also nicht in einer oder mehreren longitudinalen Wellen, welche, von einem bestimmten Punkte oder engbeschränkten Gebiete unter der Oberfläche ausgehend, sich gleichmässig nach allen Richtungen verbreiteten; die geschilderte transversale Wellenbewegung konnte vielmehr nur in einer ausgedehnteren Region der Erdrinde, welche gleichzeitig oder nahezu gleichzeitig von der Bewegung ergriffen wurde, ihren Ursprung haben.

Als das Gebiet, in welchem diese Bewegung am stärksten auftrat, ist ausser dem engeren Umkreise des Agramer Gebirges ein Landstrich zu bezeichnen, welcher sich an den östlichen Rand der Alpen im Osten und Südosten anschliesst. Die einfache Annahme einer geringfügigen Senkung einer Scholle der Erdrinde, von welcher Senkung hauptsächlich dieses Gebiet betroffen wurde, würde nicht nur den physikalischen Charakter der Erderschütterung, sondern auch die eigenthümliche Art der Verbreitung erklären, und die weitere Annahme einer Wiederholung derartiger Senkungen würde die vielfachen Analogien in ein helles Licht rücken, welche die späteren schwächeren Erschütterungen in ihren Verbreitungsgebieten unter einander und mit der ersten grossen Bewegung darbieten.

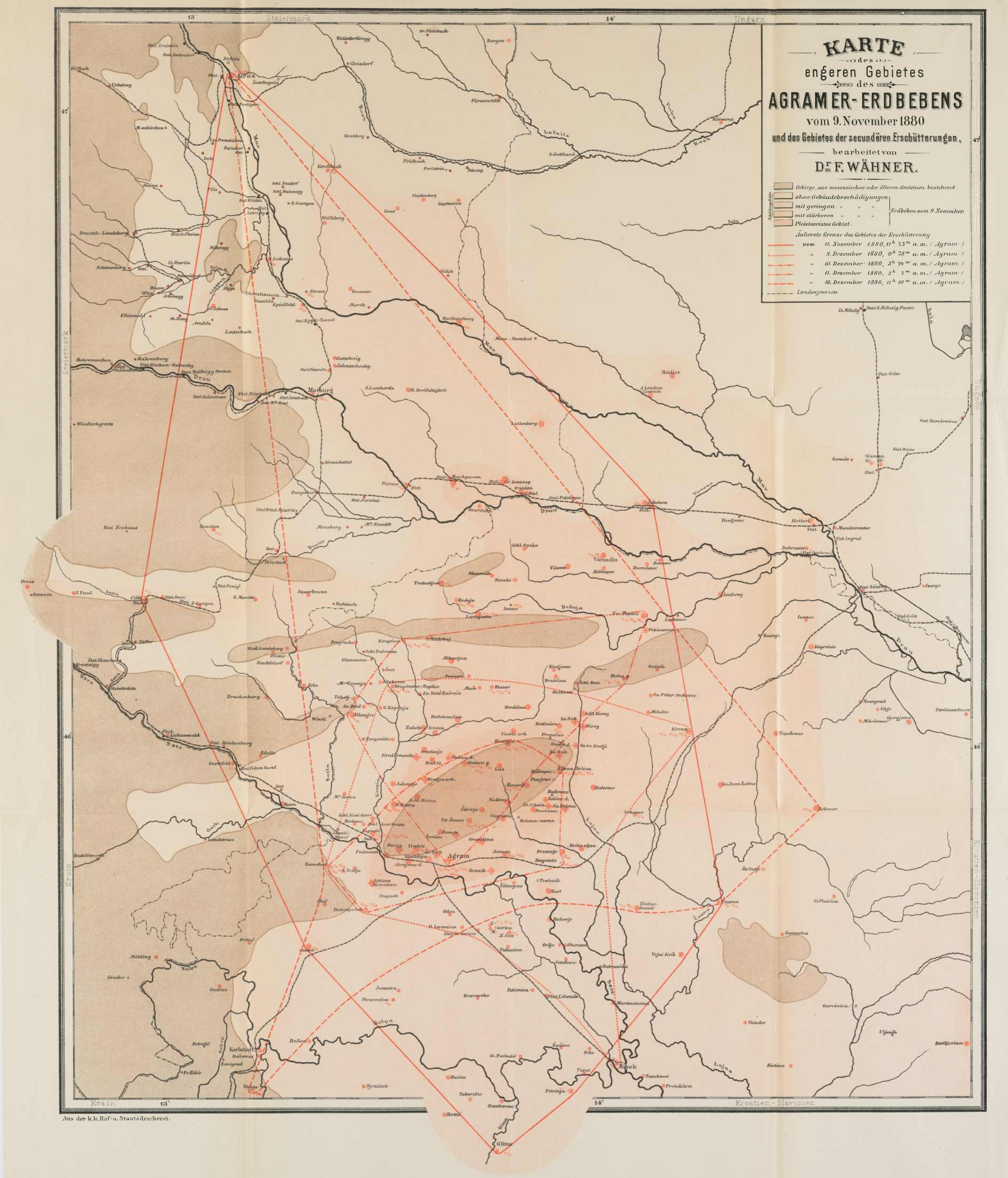
Orts-Register.

Inhalt.

Wähner: Erdbeben v. Agram 9. November 1880.



K.k.Hof-u.Staatsdruckerei.


KARTE
des
engeren Gebietes
des
AGRAMER-ERDBEBENS
vom 9. November 1880
und des Gebietes der secundären Erschütterungen,
bearbeitet von
Dr. F. WÄHNER.
Gebirge, aus mesozoischen oder älteren Gesteinen bestehend
ohne Gebäudebeschädigungen
mit geringen " " "
mit stärkeren " " "
Pleistoseistes Gebiet.
Erdbeben vom 9. November.
Äusserste Grenze des Gebietes der Erschütterung
vom 11. November 1880, 11h 35m a. m. (Agram)
" 8. Dezember 1880, 0h 28m a. m. (Agram)
" 10. Dezember 1880, 3h 24m a. m. (Agram)
" 11. Dezember 1880, 5h 2m a. m. (Agram)
" 16. Dezember 1880, 11h 10m a. m. (Agram)
Landesgrenzen
Steiermark
Ungarn
Krain
Kroatien-Slavonien
Graz
Marburg
Agram
Aus der k.k. Hof- u. Staatsdruckerei.

Wähner: Erdbeben v. Agram 9. November 1880.

Taf. IV

I.

II.

III.

IV.

Schematische Darstellung der schwankenden Bewegung aufrecht stehender Gegenstände in Folge der transversalen Wellenbewegung des Bodens.
(Bewegung vom Wellenberge zur äussersten Lage nach links, von da ins Wellenthal, zur äussersten Lage nach rechts und zurück zum Wellenberge.)

K. k. Hof- u. Staatsdruckerei